

L'invarianza idraulica delle trasformazioni urbanistiche

Alberto Pistocchi
Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli
P.zza Morgagni, 2
47100 Forlì
tel. 0039-0543378517
fax 0039-0543378523
e-mail alberto.pistocchi@libero.it

Abstract

Il contributo esamina in dettaglio le implicazioni delle impermeabilizzazioni del suolo nelle trasformazioni territoriali e discute il concetto ed i metodi dell'invarianza idraulica nella pianificazione e progettazione urbanistica, con particolare riferimento per la pianificazione comunale.

Dopo aver individuato i termini del problema, si esaminano le proprietà di un tipo di indice urbanistico (il volume d'invaso da associare alle impermeabilizzazioni) e se ne discute l'applicabilità ai fini dell'autoregolazione della progettazione in base al principio "chi consuma paga".

Si conclude fornendo un esempio di progettazione idrologica urbana, in cui si utilizzano i volumi di invaso e sistemi di drenaggio appropriati per perseguire un assetto idrologico sostenibile del lotto di trasformazione.

Posizione del problema: gli effetti idrologici dell'urbanizzazione

Semplificando la trattazione per gli scopi di orientamento della pianificazione che qui interessano, si può dire che le piogge di forte intensità che cadono su un bacino idrografico subiscono due tipi di processi che determinano l'entità delle piene nei corsi d'acqua riceventi: l'infiltrazione nei suoli e l'immagazzinamento superficiale. Il primo processo controlla i volumi di acqua restituiti, e viene descritto in via speditiva mediante un "coefficiente di deflusso", che rappresenta la percentuale della pioggia che raggiunge il corpo recettore. Il secondo processo agisce trattenendo i volumi che scorrono in superficie, facendoli transitare attraverso i volumi disponibili e determinandone una restituzione rallentata, che viene definita "laminazione".

Un bacino naturale presenta la caratteristica di lasciare infiltrare una certa quantità di acqua durante gli eventi di piena, e di restituire i volumi che non si infiltrano in modo graduale. L'acqua ristagna nelle depressioni superficiali, segue percorsi tortuosi, si espande in aree normalmente non interessate dal deflusso, ed in questo modo le piene hanno un colmo di portata relativamente modesto ed una durata delle portate più lunga. Quando un bacino subisce una artificializzazione, i deflussi vengono canalizzati e le superfici vengono regolarizzate, di modo che il deflusso viene accelerato.

Ciò comporta un aumento dei picchi di piena e può portare a situazioni di rischio idraulico. Inoltre, l'impermeabilizzazione dei suoli provoca un aumento dei volumi che scorrono in superficie, aggravando ulteriormente le possibili criticità. Maggiori volumi che scorrono in superficie rappresentano, oltre ad un aggravio dei possibili rischi idraulici, anche un più rapido esaurimento dei deflussi e una riduzione di apporti alla falda, e in definitiva una riduzione delle risorse idriche utilizzabili.

In territori caratterizzati da modeste pendenze e da una certa propensione ai fenomeni di allagamento, quali sono ad esempio i bacini di bonifica della Pianura Padana, certamente l'effetto

negativo delle impermeabilizzazioni dei suoli nella riduzione della capacità del territorio di modulare le piene è percepibile ed ha da tempo attirato l'attenzione dei pianificatori. In particolare, in bacini di bonifica i cui canali erano stati dimensionati per drenare un territorio fondamentalmente agricolo, la pesante urbanizzazione degli ultimi decenni ha configurato situazioni di rischio idraulico significative. Un saggio evidente delle condizioni del territorio è stato sperimentato, in anni recenti, durante l'alluvione dell'ottobre del 1996 che ha colpito diverse parti dell'Emilia Romagna. Riflettendo su un tale episodio, Lamberti e Leoni (1997) hanno indicato fra le cause del fenomeno la perdita di capacità di invaso del territorio connessa alla sensibile riduzione dei volumi del drenaggio minuto (scoline, fossi...).

Istanze per la pianificazione. La metodologia dell'invarianza idraulica del piano dei Bacini Romagnoli

La progressiva impermeabilizzazione dei suoli e il sacrificio delle reti di drenaggio minute rappresentano dunque in molti contesti una minaccia per la sicurezza idraulica del territorio, che già oggi richiede ingenti interventi sull'assetto idrografico per consentire la riduzione dei rischi a livelli socialmente accettabili. Si pone perciò il problema, nella pianificazione di bacino, di adottare strumenti che garantiscano la sostenibilità di lungo periodo di un assetto idrografico.

In particolare, è necessario limitare in futuro possibili effetti di aggravio delle piene legati alla progressiva urbanizzazione e all'impermeabilizzazione dei suoli conseguente alle trasformazioni di uso del suolo.

Una prima iniziativa in tal senso è stata introdotta nel 1994 dal Piano Regolatore di Reggio Emilia, che prevede l'adozione di indici di permeabilità minima delle superfici.

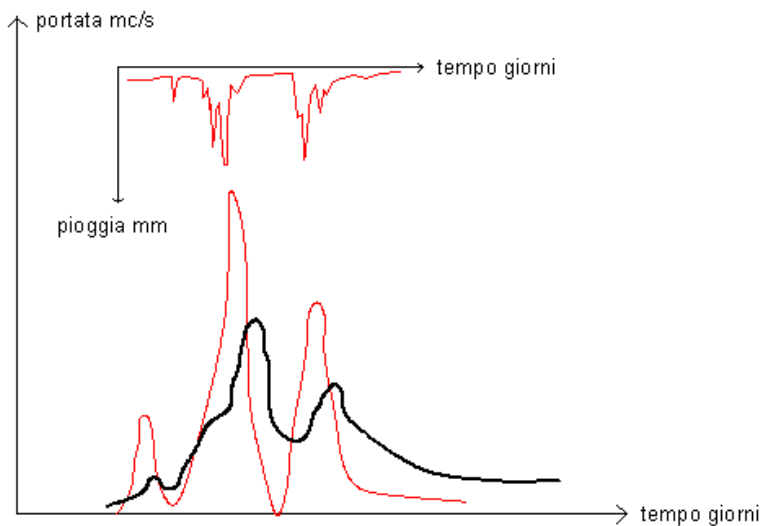
Tale approccio è senz'altro utile a limitare le impermeabilizzazioni, ma non è sufficiente a garantirsi contro gli effetti dell'impermeabilizzazione che comunque viene consentita. Ogni intervento che provoca impermeabilizzazione dei suoli ed aumento delle velocità di corrivazione deve invece prevedere azioni correttive volte a mitigarne gli effetti, e tali azioni sono da rilevare essenzialmente nella realizzazione di volumi di invaso finalizzati alla laminazione; se la laminazione è attuata in modo da mantenere i colmi di piena prima e dopo la trasformazione inalterati, si parla di "invarianza idraulica" delle trasformazioni di uso del suolo (Pistocchi, 2001). La figura 1 illustra il concetto ora esposto mostrando la variazione del regime dei deflussi attesa in caso di impermeabilizzazione.

In tal senso, verso la metà degli anni '90 in Emilia Romagna l'Autorità di Bacino del Reno e il Comune di Faenza hanno introdotto nei rispettivi strumenti di pianificazione misure volte a garantire l'invarianza idraulica della trasformazione degli usi del suolo. Queste misure si concretizzano nella prescrizione di volumi di invaso da collocare a monte del recapito delle acque superficiali, che servano alla laminazione delle piene. I volumi d'invaso richiesti venivano fissati tuttavia in termini del tutto arbitrari, e risultavano spesso eccessivi e -altrettanto spesso- insufficienti.

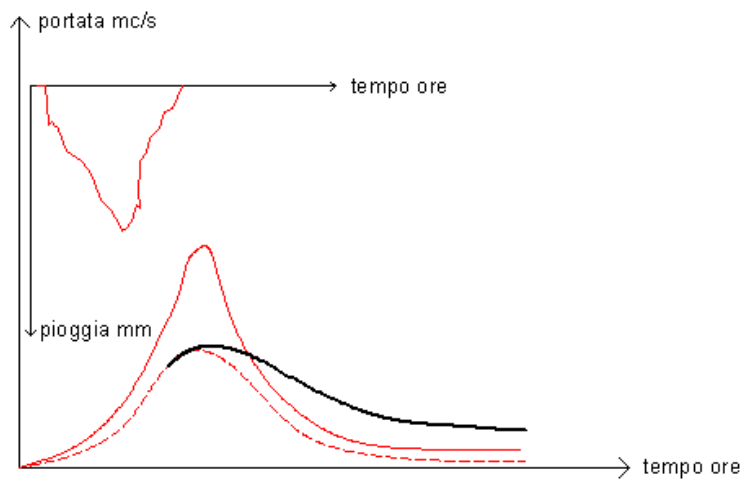
Nel corso dello sviluppo del Piano Regolatore di Cesena-Variante Generale 2000 (si veda ad es. Biscaglia e Brighi, 2002; Dall'Ara e Pistocchi, 2002) è stata proposta per la prima volta una metodologia operativa di calcolo dei volumi di invaso richiesti per garantire l'invarianza idraulica (Pistocchi, 2001); il metodo proposto, a differenza dei precedenti approcci empirici, consente fra l'altro di mettere in relazione l'entità del volume di invaso richiesto con il tasso di impermeabilizzazione dei suoli previsto dall'intervento. Si può così associare agli indici di fabbricazione previsti dal piano comunale i volumi di invaso necessari per annullare gli effetti idrologici negativi dovuti all'impermeabilizzazione, ricorrendo alla laminazione delle piene.

La proposta è stata successivamente affinata ed estesa a tutto il territorio attraverso il piano stralcio per il rischio idrogeologico da parte dell'Autorità dei Bacini Romagnoli.

La novità principale rispetto alle proposte precedenti è nell'inquadramento del volume di invaso richiesto per la compensazione delle impermeabilizzazioni (invarianza idraulica delle trasformazioni d'uso del suolo) alla stregua di un indice urbanistico (si veda p.es. Galuzzi e Vitillo, 2002).



- andamento delle portate in un lotto urbanizzato tradizionale: le piogge vengono rilasciate rapidamente. Si hanno portate maggiori e di minore durata.
- andamento delle portate in un lotto urbanizzato con sorgente delle acque: piogge vengono immagazzinate nel sistema delle trincee e restituite gradualmente.



- - - andamento delle portate in un bacino naturale
- andamento delle portate in un lotto urbanizzato tradizionale: per effetto dell'impermeabilizzazione aumentano il volume defluito e la portata di picco
- andamento delle portate in un lotto urbanizzato a invarianza idraulica

Figura 1 – effetti dell'impermeabilizzazione dei suoli: (sopra) distribuzione temporale dei deflussi, che mostra breve durata e picchi elevati dell'eportate nel caso di suoli impermeabilizzati e una distribuzione più uniforme nel caso si adottino misure di mitigazione ("sorgente delle acque" come descritta in seguito); (sotto) si evidenzia l'aumento tendenziale dei picchi di piena e la laminazione delle piene in caso di trasformazioni ad invarianza idraulica

Inoltre, il metodo consente di applicare il principio "chi consuma paga", trasferendo ad ogni intervento sul territorio il costo dell'effetto idrologico che esso potrà comportare: chi attua grandi

impermeabilizzazioni si dovrà accollare l'onere di volumi consistenti per la laminazione delle piene, mentre chi impermeabilizza il suolo in misura più modesta dovrà realizzare volumi più contenuti.

Modalità di calcolo dei volumi di invaso. L'autoregolazione delle scelte progettuali

La misura del volume minimo d'invaso da prescrivere in aree sottoposte a trasformazione, detta I la quota dell'area che viene trasformata, e P la quota che viene lasciata inalterata (tale che I+P=1, ovvero il 100% dell'area) è data da:

$$w = w^{\circ}(\phi/\phi^{\circ})^{1/(1-n)} - 15 I - w^{\circ}P \quad (1)$$

essendo $w^{\circ} = 50$ mc/ha, $\phi =$ coefficiente di deflusso dopo la trasformazione, $\phi^{\circ} =$ coefficiente di deflusso prima della trasformazione, n un parametro noto in idrologia come esponente della curva di possibilità climatica che, per i casi di maggiore interesse, vale 0.48 (Pistocchi, 2001).

Il volume così ricavato è espresso in mc/ha e deve essere moltiplicato per la superficie territoriale dell'intervento, a prescindere dalla quota P che viene lasciata inalterata.

Per la stima dei coefficienti di deflusso ϕ e ϕ° si fa riferimento alla relazione convenzionale (studiata in modo da penalizzare le impermeabilizzazioni sovrastimandone i coefficienti di deflusso, al contempo sottostimando i coefficienti di deflusso delle parti permeabili):

$$\phi^{\circ} = 0.9 \text{Imp}^{\circ} + 0.2 \text{Per}^{\circ} \quad (2 a)$$

$$\phi = 0.9 \text{Imp} + 0.2 \text{Per} \quad (2 b)$$

in cui Imp e Per sono rispettivamente le quote dell'area totale da ritenersi impermeabile e permeabile, prima della trasformazione (se connotati dall'apice $^{\circ}$) o dopo (se non c'è l'apice $^{\circ}$).

Circa il metodo sopra esposto è attualmente in corso una sperimentazione presso il Consorzio di Bonifica Savio/Rubicone di Cesena (Giorgi e Pistocchi, 2002), per la taratura del parametro w° , il cui valore è posto a 50 mc/ha in linea con indicazioni di letteratura, ma dovrà essere meglio valutato a seguito degli approfondimenti sperimentali.

In termini operativi, i Comuni possono definire gli indici di fabbricazioni inserendo sistematicamente, attraverso metodi semplici e facilmente generalizzabili, nelle valutazioni tecnico-economiche ed ambientali anche la necessità di mantenere invariati i colmi di piena proveniente dai lotti di trasformazione e in particolare di nuova edificazione.

In questo modo, è possibile lasciare al singolo progettista la scelta del tasso di impermeabilizzazione connessa ad una trasformazione di uso del suolo, associandovi in maniera diretta un intervento mitigativo proporzionato, e si può consentire l'applicazione del criterio dell'invarianza idraulica delle trasformazioni urbane non solo a grandi interventi (come ad esempio le aree produttive) ma a tutte le trasformazioni d'uso del suolo, in modo certamente più equo ed efficace. Per una discussione di questi aspetti si rinvia a Dall'Ara e Pistocchi, 2002.

Fisicamente, questi volumi potranno essere ricavati con il sovradimensionamento dei collettori fognari dotati di opportuni dispositivi di efflusso, oppure realizzando vere e proprie vasche che, se ben progettate, assumono anche valenze paesaggistiche. È, per inciso, da rimarcare che l'efficacia degli invasi di laminazione delle piene di cui si sta parlando è esclusivamente locale, per cui invasi sovradimensionati in un lotto non servono, in generale, a compensare effetti negativi prodotti altrove. In Pistocchi, 2001, sono riportati alcuni esempi di calcolo.

La progettazione idrologica delle trasformazioni urbane. Un esempio

L'impermeabilizzazione dei suoli opera anche, come accennato, su un altro aspetto fondamentale, cioè sulla durata dei deflussi superficiali e sulla ricarica delle falde. Innanzitutto, i deflussi superficiali sono restituiti in modo più rapido al recettore e quindi si esauriscono più rapidamente. Inoltre, una quota di precipitazione tendenzialmente minore giunge al recettore attraverso la filtrazione nel terreno. Questi fenomeni provocano una riduzione complessiva di disponibilità della risorsa idrica per i vari scopi, in quanto riducono i periodi in cui si sviluppa lo scorrimento e

aumentano le portate oltre valori utili ad essere impiegati produttivamente. Una conseguenza di questo è la necessità di approvvigionarsi di risorsa idrica mediante a fonti diverse dalla pioggia diretta, ad esempio per irrigare i giardini e per lavare le automobili. Quasi sempre si utilizzano a tale scopo le acque potabili fornite dall'acquedotto, che evidentemente risultano sprecate in quanto sottoposte a trattamenti di potabilizzazione che sono inutili per lo scopo per cui le acque vengono impiegate.

La tematica è già stata affrontata in sede progettuale (p.es. Abram e Sauli, 2002; Scarperi, 2002; Volterrani *et al.*, 2002). Tuttavia, l'azione progettuale è oggi prevalentemente orientata a "contenere i danni", più che a prendersi carico dei problemi in termini positivi, reperendo dalle indicazioni dell'idrologia spunti e materiale progettuale.

Un controesempio che illustra il possibile ruolo del sistema di drenaggio e dell'organizzazione del ciclo dell'acqua all'interno di un lotto in trasformazione, ai fini della sostenibilità idrologica, è proposto nelle figure seguenti, ricavata da elaborati progettuali di Dall'Ara e Pistocchi (2002b), che mostra fra l'altro una possibile soluzione costruttiva per i volumi di invaso richiesti ai fini dell'invarianza idraulica.

Nell'esempio, il drenaggio è organizzato mediante un sistema di trincee in ghiaia sovrastate da canalette di ampie dimensioni, che consentono ai deflussi più modesti di scorrere per filtrazione attraverso la ghiaia e di essere restituiti gradualmente a valle, mentre nel caso di precipitazioni brevi ed intense la pioggia viene drenata direttamente in superficie. Questo simula il comportamento "naturale" di un bacino idrografico, dove i deflussi ordinari filtrano attraverso i versanti e il subalveo, mentre le piene si concentrano sul reticolo idrografico. La modesta pendenza delle sponde delle canalette rende possibile il loro utilizzo in superficie e non problematico il fatto di destinare una superficie ampia a occasionali allagamenti.

In un simile schema di drenaggio, l'invaso di laminazione posto a valle serve sia per i fini dell'invarianza idraulica, sia come possibile volume di regolazione dei deflussi ordinari che possono essere temporaneamente immagazzinati per il loro utilizzo a fini non pregiati (irrigazione, lavaggio auto...).

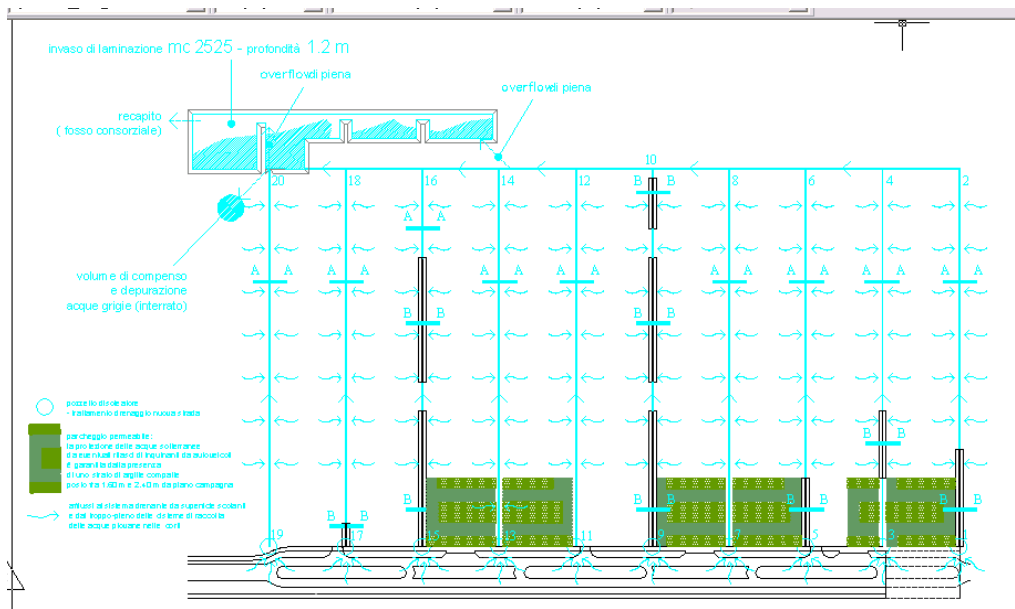


Figura 2 – schema planimetrico del drenaggio adottato: un reticolo di trincee drenanti e ampie canalette simula il comportamento del reticolo idrografico in un bacino naturale, restituendo i deflussi con un doppio meccanismo di subalveo (per le precipitazioni più distribuite) e di superficie (per le precipitazioni intense).

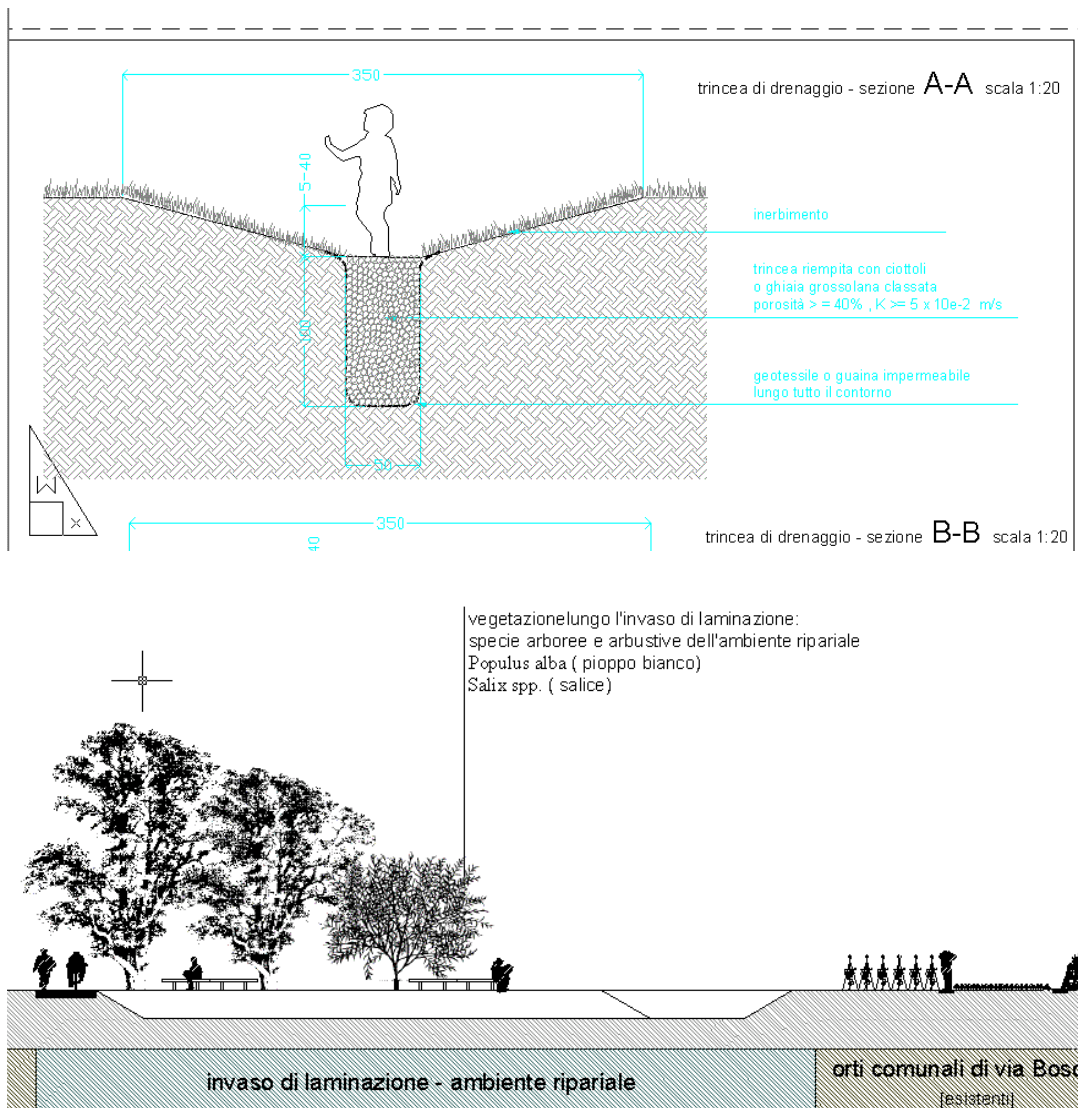


Figura 3 – (sopra) sezione schematica delle canalette-trincee drenanti; (sotto) vista di ambientazione dei volumi di laminazione, che configurano una zona ripariale

Bibliografia

1. Abram, P., Sauli, G., *Soluzioni permeabili*, Acer, n. 3/2002
2. Biscaglia, A., Brighi, O., *Le tutele del piano*, in A.Biscaglia, P.Vitillo, *Cesena, PRG e tutele ambientali, Urbanistica Quaderni Archivio, Suppl. Urbanistica*, n. 117, 2002
3. Dall'Ara, E., Pistocchi, A., *Gradienti paesaggistici nel piano ed invarianza idraulica*, in A.Biscaglia, P.Vitillo, *Cesena, PRG e tutele ambientali, Urbanistica Quaderni Archivio, Suppl. Urbanistica*, n. 117, 2002
4. Dall'Ara, E., Pistocchi, A. 2002 a, *Georisorse, decisioni, pianificazione*, in A.Biscaglia, P.Vitillo, *Cesena, PRG e tutele ambientali, Urbanistica Quaderni Archivio, Suppl. Urbanistica*, n. 117, 2002
5. Dall'Ara, E., Pistocchi, A., 2002 b *Progetto degli spazi aperti per il PEEP di Sant'Egidio, Cesena; elaborati per concorso nazionale di progettazione indetto dal Comune di Cesena, coordinatore del progetto Arch. E.Preger*
6. Galuzzi, P., Vitillo, P., in A.Biscaglia, P.Vitillo, *Cesena, PRG e tutele ambientali, Urbanistica Quaderni Archivio, Suppl. Urbanistica*, n. 117, 2002

7. Giorgi, L., Pistocchi, A., L'invarianza idraulica delle trasformazioni urbanistiche – il sistema di monitoraggio dei Bacini Romagnoli, *Paesaggio Urbano*, n. 3/2002
8. Lamberti, P., Leoni, G., 1997, *Problematiche delle reti di bonifica in aree fortemente antropizzate: il caso della bonifica renana nel territorio della bassa bolognese*; in Brath, A., Maione, U. (cur.) *Atti del Corso di Aggiornamento "Moderne tecniche e criteri per la sistemazione dei corsi d'acqua in territori fortemente antropizzati"*, Bios ed.
9. Pistocchi, A., *La valutazione idrologica dei piani urbanistici – un metodo semplificato per l'invarianza idraulica nei piani regolatori generali*, *Ingegneria Ambientale*, vol. XXX, no. 7/8, luglio/agosto2001
10. Scarperi, E., *Le acque e la città*, Acer, n. 3/2002
11. Volterrani, M., Magni, S., Grossi, N., Miele, S., Altissimo, A., *Parcheeggi in erba*, Acer, n. 2/2002